

# 微波着陆系统的人机交互设计与实现

赵洪英

四川天府新区信息职业学院 四川成都 610042

**摘要:** 微波着陆系统采用非目视进近着陆引导技术,它是一种适合全天候的精确着陆系统。具有抗干扰能力强、可靠性高、可扩展新功能等优点,能适合不同机种和机场情况的需求。随着导航通信技术的发展,人们对导航系统的操作灵活性要求越来越高,传统的人机交互方式迫切需要改进。针对微波着陆系统的人机交互界面,鉴于用户要求的多样性,本论文设计出一种操作灵活、易用、直观的人机交互界面,介绍了设计方案、GUI实现以及操作系统控制流程等。

本文主要研究了微波着陆系统的工作原理及人机交互系统的设计,同时结合数字信号处理芯片和VisuITFT软件建立了系统控制,通过硬件设计实现微波着陆系统的信号源产生方法。结合Matlab软件仿真技术,模拟产生微波着陆系统经过各个主要步骤处理后的信号波形图,经过理论验证,本设计是可行的。

**关键词:** 微波; 着陆; GUI; 人机交互; MLS

## Design and implementation of human computer interaction for microwave landing system

Hongying Zhao

Sichuan Tianfu New Area Information Vocational College, Chengdu, Sichuan, 610042

**Abstract:** microwave landing system adopts non visual approach and landing guidance technology, which is a precise landing system suitable for all weather. It has the advantages of strong anti-interference ability, high reliability and expandable new functions, and can meet the needs of different aircraft types and airport conditions. With the development of navigation and communication technology, people have higher and higher requirements for the operational flexibility of the navigation system, and the traditional human-computer interaction mode urgently needs to be improved. Aiming at the human-computer interaction interface of microwave landing system, in view of the diversity of user requirements, this paper designs a flexible, easy-to-use and intuitive human-computer interaction interface, and introduces the design scheme, GUI implementation and operating system control process.

This paper mainly studies the working principle of the microwave landing system and the design of the human-computer interaction system. At the same time, the system control is established by combining the digital signal processing chip and the visuTFT software. The signal source generation method of the microwave landing system is realized by hardware design. Combined with MATLAB software simulation technology, the signal waveform diagram of the microwave landing system after each main step is simulated. After theoretical verification, the design is feasible.

**Keywords:** microwave; Landing; GUI; Human computer interaction; MLS

---

**作者简介:** 赵洪英,女,汉,出生年月:(1980.08-),籍贯:河南省新蔡县,学历:硕士研究生,职称:中级工程师,研究方向:电子技术、通信。

## 1、引言

微波着陆系统是在20世纪70年代作为ILS的替代品被引入，到20世纪80年代，美国和欧洲开始着力开发，它可以实行曲线进近。ILS和MLS都是可以实现三类自动进近的系统。民航业第一次使用三类MLS进近是在2009年3月的希斯罗机场。

微波着陆系统（MLS）的设计初衷是取代或辅助仪表着陆系统ILS。Indra公司从MLS起始到今天始终起着主导开发作用。Indra已经在亚洲、澳大利亚安装了MLS，并为美国MLS提供天线。随着无线电技术的不断发展，1897年，俄国科学家波波夫第一次提出使用无线电的方法进行导航。到1908年，发明了测角器，它成为无线电导航发展史上的一个里程碑。

到二十世纪，民用航空得到了巨大的发展，民用航空运输也成为全球主要的运输手段之一。伴随着民用航空的发展，民用航空运输的安全成为各国民用航空部门、国际民航组织（ICAO）极为重视的问题。民用航空运输的安全问题寄存于飞机飞行的整个过程中。

进场着陆是飞行的复杂阶段，在此阶段内，飞行状态（速度、高度、航向）、发动机的工作状态都有很大的变化，且外界气象条件及地面效应这些客观因素都会对着陆及其操作产生影响。根据专业人士对1959年至1991年期间全球民用航空运输飞行情况的统计，进近和着陆过程所用的飞行时间仅占全部飞行过程所用时间的4%，但是在进近和着陆过程中发生飞行事故的数量却占了全部飞行过程中发生飞行事故数量的40.5%，其中进近阶段占26.6%，着陆阶段占13.9%。这两个数据充分说明在进近和着陆过程中飞行安全问题的突出性和重要性。为保障民用航空飞行在进近和着陆过程中的安全飞行，仪表着陆系统（ILS）、微波着陆系统（MLS）、伏尔导航系统（VOR）及卫星导航着陆系统作为航空无线电导航系统，先后发展起来。随着产品的更新换代，不同厂家对微波着陆系统模拟器的操作系统都有不同的要求，本文将介绍一种新的操作界面和控制系统的的设计方法。

## 2、MLS微波着陆系统原理

MLS微波着陆系统的基本格局由方位制导台（AZ）、仰角制导台（EL）、精密测距仪（DME/P）和基本数据传送系统组成。其中，方位制导和仰角制导统称为角度制导，是功能实现的主体。角度制导功能和数据传送功能都工作在C频段的5031 ~ 5090.7MHz范围内，共有200个间隔为300kHz的频道，每条跑道的MLS选择某一频道工作。方位制导信号、仰角制导信号和数据字信号都安排在同一信号格式里，飞机上只需装一部接收机便可以将角度制导的全部功能和数据字解码后识别出来。在MLS的扩展格局中，还可以增设拉平台（FL）和反方位

台（BAZ），以提供拉平制导和起飞离场制导。

根据MLS技术，飞机所处的角位置是在机载接收机接收到地面角度制导天线发射的两次扫描波束后，通过测定这个两个波束之间的时间差而得到的。MLS方位台天线在水平面内产生一个窄波束，在垂直面内形成一个扇形，其范围一般为 $0.9^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ，该扇形窄波束在 $\pm 40^{\circ}$ 的水平方位覆盖区内进行“往”和“返”的连续扫描。飞机接收机测量连续两次扫描波束峰值间的时间差，就得到了飞机与方位天线轴线之间的方位角。仰角台天线在垂直面内产生一个窄波束，在水平面内呈扇形，并在垂直覆盖区内进行 $0^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 之间的连续扫描。与方位台类似，飞机测得两次扫描的时间差，以相同的方法得到飞机相对于跑道平面的仰角。

## 3、设计方案

微波着陆系统要实现的功能，一般包括：对机载MLS功能工作频率、频率间隔及波道数测试；对机载MLS功能灵敏度测试；对机载MLS功能动态范围测试；对机载MLS功能邻道抑制测试；完成对机载MLS功能无多径信号时的精度测试；对机载MLS功能扫描波束宽度测试；对机载MLS功能存在多径信号时的精度测试；对机载MLS功能识别地面台测试。针对这些功能，人机交互界面的设计方案框图如图1。其中，处理器型号为STM32F427ZIT，该型号单片机内存为2048Kbytes。

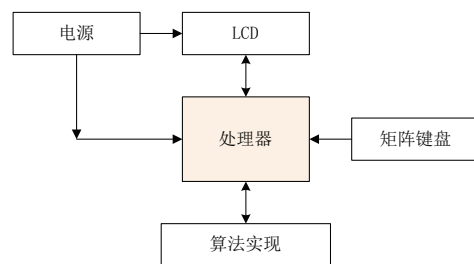


图1 微波着陆系统人机交互设计方案

## 4、开发平台 VisulTFT

本项目采购的液晶屏，有支持程控和触摸两种模式，有配套的开发平台 VisulTFT，通过该平台可以设计满足要求的界面及风格。平台使用方便、直观，自带命令库和库函数。

编写控制代码，遇到不熟悉的控件，可点击菜单栏“指令助手”，控件类型多样化，比如：文本、图标、动画、滚动条、进度条、仪表、曲线、二维码控件等。每种控件都有相应的命令控制。每种控件有多种属性，每种属性都有不同的唯一ID号码。具体指令格式介绍如下：

一条完整的串口指令帧格式如表1所示。如果指令参数大于1个字节，则高字节在前、低字节在后。指令的最大长度为1024字节（包含帧头和帧尾），数值均为十六进制。串口格式：8位数据位、1位停止位、无效验位。

表1 无CRC校验指令帧格式

指令	EE	XX	XX XX ... XXX	FF FC FF FF
说明	帧头	指令	指令参数	帧尾

若用户需要指令支持CRC格式校验,则指令帧格如表2所示。CRC的算法程序请在官网资料下载栏中下载。CRC校验不包含帧头和帧尾。

表2 带CRC校验的指令帧格式

指令	EE	XX	XX XX ... XXX	CRC16	FF FC FF FF
说明	帧头	指令	指令参数	校验位	帧尾

### 5、GUI实现

微波着陆系统人机交互界面,本设计采用大彩LCD,型号为:DCWLVDs,工作电压为12V,采用串口232与外部通信,具备音频接口。LCD根据需要,可设置触摸、非触摸功能,亮度可调,界面设计自由度较大,本设计微波着陆系统人机交互界面分为3页。

### 6、操作系统实现

操作系统实现,在硬件开发平台基础上,采用keil平台,使用C语言实现流程控制及功能,进而实现数字信号的处理与通信。整个人机交互系统通过扫描键盘,辨别要实现的具体功能,处理器在收到按键信息后,判断需要控制的LCD的screen\_id和ctrl\_id,利用LCD的灵活性,在要设置的参数输入框显示蓝色,待输完信息,按下“确认”后,数据有效。所有处理信息都经过处理器的232接口交互。

操作系统的LCD控制代码部分介绍如下:

(1)控制文本控件的颜色:

SetControlBackColor(current\_screen\_id,6,0x067f);/--控制颜色为天蓝色,第一个参数current\_screen\_id为屏幕ID号,第二个参数为文本控件ID号,第三个参数为颜色数值。

(2)控制文本控件显示数字:

SetTextFloat(current\_screen\_id,3,freq\_val,1,1);/--第三个参数为要显示的数值,第四个参数控制显示位数,第五个参数为是否显示末尾0,为1时显示,为0时不显示。

(3)控制动画控件:

AnimationPlayFrame(current\_screen\_id,31,1);/--第三个参数为动画播放的帧数,一般有3帧,编号为0,1,2,根据需要设置显示哪一帧。

(4)LCD初始化控件代码如下:

```
void lcd_init(void){
    AnimationPlayFrame(1,10,2);/--screen_id,ctrl_id,frame numb
    AnimationPlayFrame(1,25,2);
    AnimationPlayFrame(1,31,2);
    AnimationPlayFrame(1,33,1);
    AnimationPlayFrame(2,31,1);
```

```
AnimationPlayFrame(2,32,1);
AnimationPlayFrame(2,33,1);
AnimationPlayFrame(2,34,1);
AnimationPlayFrame(2,35,1);
AnimationPlayFrame(2,36,1);}
```

(4)main程序代码:

```
int main(void){while (1)
{HAL_UART_Receive_IT(&huart1,RxBuffer_1,8);
    HAL_UART_Receive_IT(&huart2,RxBuffer_
    RFLO2,7);
    HAL_Delay(1);
    if(current_screen_id==0)
    {SetScreen(1);HAL_Delay(2);current_screen_id=1;lcd_
    init();HAL_Delay(1);}key_scan_func();HAL_Delay(10);lcd_
    ctrl();HAL_Delay(10);}/--endof"while(1)"}
```

### 7、结束语

本设计实现的微波着陆系统人机交互与操作系统,通过外部键盘操作,可以设置微波着陆系统的工作模式、脉冲宽度、波道、电平和频率等参数,操作简单,上手快。技术风险低,易于实现和维护。用户体验很好,操作灵活,易用。

### 参考文献:

- [1]广州大彩.大彩-DCWLVDs数据手册V1.0(6.5);
- [2]弋沛琦,高瑞乾,刘石源.飞机着陆系统的现状与发展[J].海军航空工程学院学报,2005年04期
- [3]周其焱.微波着陆系统[M].北京:国防工业出版社,1992,6.
- [4]钱能.C++程雪设计教程[M].北京:清华大学出版社,2005,9.
- [5]尤明懿,史斌华,黄凯,叶云霞.基于均匀圆阵相位干涉仪的正确解相位模糊概率值方法[J].中国电子科学研究院学报.2021(10)
- [6]严金蓉.微波着陆系统用的天线辐射模型[J].电讯技术.1977(04)
- [7]刘明,张辉,刘守义.微波着陆系统角误差数字滤波器的设计与仿真[J].空军工程大学学报(自然科学版).2004(03)
- [8]何香云.各国微波着陆系统研制简介[J].航空电子技术.1988(01)
- [9]薛文安.微波着陆系统(MLS)场地模型[J].中国民航学院学报(综合版).1995(01)
- [10]傅德棣.航天飞机的微波着陆系统[J].国外空间动态.1982(04)
- [11]王小辉,车程,瑚洋,华铭.基于故障树的飞机结冰探测系统安全性分析[J].航空工程进展.2018(02)